

© Тимощук О. М., Коломієць О.М., Левченко О.В.

ГІДРОМЕТЕОРОЛОГІЧНІ ЧИННИКИ УПРАВЛІННЯ НАВІГАЦІЙНИМИ ВОДНИМИ РЕСУРСАМИ

У статті розглянуто комплекс гідрометеорологічних чинників, які впливають на ефективність управління навігаційними ресурсами водних шляхів. Проаналізовано основні гідрологічні та метеорологічні параметри, що визначають навігаційні умови, включаючи рівневий режим водотоків, витрати води, льодовий режим, вітрові умови та опади. Обґрунтовано необхідність інтеграції гідрометеорологічних даних у системи управління навігацією для забезпечення безпеки судноплавства та оптимізації використання водних ресурсів.

Ключові слова: *гідрометеорологічні чинники, навігаційні водні ресурси, управління водними шляхами, рівневий режим, безпека судноплавства, гідрометеорологічне прогнозування.*

Метою статті є комплексний аналіз гідрометеорологічних чинників, що впливають на навігаційні умови водних шляхів, та обґрунтування підходів до їх урахування в системах управління водними ресурсами.

Невирішена частина проблеми. Проблематика гідрометеорологічного забезпечення навігації активно досліджується світовою науковою спільнотою, особливо в контексті зростаючого впливу кліматичних змін на водні ресурси. Аналіз сучасних публікацій дозволяє виділити кілька ключових напрямків досліджень.

Автори [1] досліджували зв'язок між метеорологічними умовами та кількістю днів зі зниженою навігаційною глибиною. Дослідження показало, що кліматична мінливість суттєво впливає на надійність гарантованих глибин на ключових європейських річках. В роботі [2] автори систематизували основні метеорологічні ризики для судноплавства та запропонували методологію їх оцінки в контексті довгострокових кліматичних трендів. PIANC у своєму звіті PTG Climate Change Task Group 3 [3] визначила регіональні відмінності у прояві кліматичних змін та необхідності розробки диференційованих стратегій адаптації.

Інноваційні методи моніторингу та гідрологічного прогнозування досліджено у роботах [4, 5]. WMO у своїх методичних рекомендаціях [6] систематизувала підходи до верифікації гідрологічних прогнозів, що є важливою складовою забезпечення їх надійності для прийняття управлінських рішень.

Стратегії адаптації до кліматичних змін розглядаються у звіті робочої групи PTG Climate Change Task Group 3 [7]. Документ підкреслює необхідність розробки комплексних стратегій адаптації, що враховують множинність функцій водної інфраструктури та її роль у забезпеченні стійкості водних ресурсів. Також Проект EU PLATINA3 [8] розробив стратегії адаптації до кліматичних змін для внутрішнього водного транспорту, що включають технічні, організаційні та економічні заходи.

Наукові праці українських авторів [9-12] зосереджуються на проблемах впливу кліматичних змін на водні ресурси, гідрологічні процеси й атмосферні явища. Значну увагу приділено методологічним підходам до оцінювання ризиків виснаження водних ресурсів, прогнозуванню екстремальних гідрологічних явищ, а також дослідженню сезонної та просторової мінливості гідрометеорологічних характеристик.

Незважаючи на значний науковий доробок у сфері гідрометеорології та управління водними ресурсами, низка питань щодо врахування гідрометеорологічних чинників в управлінні навігаційними водними ресурсами залишається недостатньо опрацьованою. Передусім це стосується комплексної інтеграції гідрологічних і метеорологічних даних у єдину систему підтримки управлінських рішень для забезпечення безпеки та ефективності судноплавства.

Постановка проблеми. Управління навігаційними водними ресурсами є комплексним завданням, що потребує врахування численних природних чинників, серед яких гідрометеорологічні умови відіграють визначальну роль. Ефективна навігація на внутрішніх водних шляхах безпосередньо залежить від своєчасного отримання та аналізу гідрометеорологічної інформації, що дозволяє забезпечити безпеку судноплавства, оптимізувати маршрути та знизити експлуатаційні витрати.

Виклад основного матеріалу. Управління навігаційними водними ресурсами розглядається як цілеспрямований процес планування, організації та контролю використання водних об'єктів для забезпечення безперебійного та безпечного судноплавства. Навігаційні водні ресурси характеризуються просторово-часовою мінливістю, що зумовлюється природними гідрологічними та метеорологічними процесами. Тому управління ними потребує системного врахування природних чинників, прогнозування їх змін та адаптації експлуатаційних режимів водних шляхів.

Навігаційні водні ресурси характеризуються просторово-часовою мінливістю, що зумовлюється природними гідрологічними та метеорологічними процесами. Тому управління ними потребує системного врахування природних чинників, прогнозування їх змін та адаптації експлуатаційних режимів водних шляхів.

Гідрологічні чинники є визначальними для формування навігаційних умов на внутрішніх водних шляхах. До основних з них належать рівень води, витрати стоку, швидкість течії, льодовий режим та замулення русел.

Коливання рівнів води безпосередньо впливають на глибини суднових ходів, що може обмежувати вантажопідйомність суден або призводити до тимчасового припинення навігації. Періоди маловоддя створюють ризики для стабільності судноплавства, тоді як паводки та повені підвищують небезпеку для гідротехнічних споруд і навігаційної інфраструктури.

Льодові явища є сезонним обмежувальним фактором навігації в помірних широтах. Тривалість льодоставу, товщина льоду та інтенсивність льодоходу визначають терміни відкриття і закриття навігації, а також потребу в застосуванні криголамного флоту.

Метеорологічні чинники суттєво впливають на експлуатацію навігаційних водних ресурсів. До ключових метеорологічних чинників належать вітер, опади, туман, температура повітря та атмосферний тиск.

Сильні вітри та шторми ускладнюють керування суднами, особливо на відкритих ділянках річок, водосховищ та лиманів. Інтенсивні опади можуть спричинити різкі зміни рівнів води, погіршення видимості та зростання ризику аварійних ситуацій. Тумани значно знижують безпеку навігації, вимагаючи обмеження руху або застосування спеціальних навігаційних заходів.

Систематичний облік метеорологічної інформації та її оперативне використання є необхідною умовою ефективного управління рухом суден і мінімізації навігаційних ризиків.

Сучасні кліматичні зміни посилюють нестабільність гідрометеорологічних умов та ускладнюють прогнозування навігаційних режимів. Зростання середніх температур, зміна режиму опадів і збільшення частоти екстремальних явищ призводять до трансформації гідрологічного режиму водних об'єктів.

Для управління навігаційними водними ресурсами це означає необхідність переходу до адаптивних моделей управління, які враховують довгострокові кліматичні тенденції та сценарії розвитку. Особливої актуальності набуває розвиток систем гідрометеорологічного моніторингу, прогнозування та цифровізації управлінських процесів.

До основних гідрометеорологічних чинників навігації відноситься такі.

- Рівневий режим водотоків. Рівень води є одним із найважливіших параметрів, що визначає можливість та безпеку судноплавства. Навігаційні глибини прямо залежать від рівневого режиму річок, який характеризується значною мінливістю в часі та просторі. Критичними є періоди низьких межених рівнів, коли навігаційні глибини можуть бути недостатніми для проходження суден з повним

завантаженням. Для управління навігацією необхідний систематичний моніторинг рівнів води на гідрологічних постах, розташованих вздовж водних шляхів. Прогнозування рівнів води на основі метеорологічних даних та моделей стоку дозволяє завчасно планувати навігаційні операції, оптимізувати завантаження суден та визначати можливість проходження складних ділянок водного шляху.

– Витрати води та швидкості течії. Витрати води визначають гідродинамічні характеристики водотоку, насамперед швидкості течії, які безпосередньо впливають на умови судноплавства. Високі швидкості течії ускладнюють маневрування суден, збільшують витрати палива при русі проти течії та створюють додаткові ризики при проходженні звужених ділянок русла. Особливу увагу слід приділяти періодам паводків та повеней, коли різке зростання витрат води супроводжується формуванням небезпечних швидкостей течії, появою вирів та інших гідродинамічних явищ, що становлять загрозу для судноплавства. Моніторинг витрат води та прогнозування паводкових ситуацій є невід'ємною частиною систем управління навігаційною безпекою.

– Льодовий режим. Льодові явища суттєво обмежують або повністю унеможливають навігацію на більшості внутрішніх водних шляхів помірних широт. Параметри льодового режиму – дати початку льодоставу, льодоходу та очищення від льоду, товщина льодового покриву, інтенсивність льодоходу – визначають тривалість навігаційного сезону та впливають на планування річного обсягу перевезень. Прогнозування термінів настання та завершення льодових явищ базується на аналізі температурного режиму повітря та води, враховує багаторічні спостереження та кліматичні тенденції. Розвиток методів льодового прогнозування дозволяє більш точно планувати початок та закінчення навігаційного сезону, оптимізувати роботу флоту в перехідні періоди.

– Вітрові умови. Вітер є одним із найбільш мінливих метеорологічних елементів, що впливають на безпеку судноплавства. Сильний вітер створює вітрове хвилювання, яке обмежує можливість руху суден, особливо на водосховищах та широких ділянках річок. Бічний вітер ускладнює управління судном, збільшує ризик навалу на берег або інші об'єкти. Моніторинг вітрових умов здійснюється за допомогою метеорологічних станцій та автоматизованих постів спостереження. Короткострокові прогнози вітру використовуються для оперативного управління рухом суден, визначення необхідності відстою в захищених акваторіях при несприятливих метеоумовах.

– Атмосферні опади та видимість. Інтенсивні атмосферні опади можуть призводити до зменшення видимості, що ускладнює орієнтування та підвищує ризик навігаційних інцидентів. Тривалі дощі у водозборі впливають на рівневий та витратний режим водотоків, що необхідно враховувати при прогнозуванні навігаційних умов. Тумани критично знижують видимість, що може потребувати призупинення або обмеження судноплавства на найбільш складних ділянках водних шляхів.

– Основні гідрометеорологічні чинники навігації водних шляхів наведені у табл. 1.

Ефективне управління навігаційними водними ресурсами потребує наявності розгалуженої, технічно оснащеної та надійної мережі гідрометеорологічних спостережень, яка забезпечує безперервне отримання актуальної інформації про стан водного середовища та атмосферні умови. Основу такої системи становлять гідрологічні пости, що здійснюють регулярні вимірювання рівнів води, витрат стоку та швидкості течії, від яких безпосередньо залежать навігаційні глибини й безпека судноплавства. Важливу роль відіграють метеорологічні станції, призначені для спостереження за температурою повітря, атмосферним тиском, вітровим режимом, кількістю та інтенсивністю опадів, оскільки ці параметри істотно впливають на гідрологічний режим водних шляхів і формування небезпечних навігаційних явищ.

Суттєвим елементом сучасної системи моніторингу є автоматизовані вимірювальні комплекси, оснащені датчиками та каналами зв'язку, що забезпечують передачу даних у режимі реального часу. Їх використання дозволяє оперативно реагувати на різкі зміни гідрометеорологічної обстановки, своєчасно коригувати режими експлуатації навігаційних водних ресурсів та підвищувати рівень безпеки судноплавства. Доповнюють наземні спостереження радіолокаційні системи, які забезпечують визначення просторового розподілу та інтенсивності опадів, а також

відстеження переміщення атмосферних фронтів, що є особливо важливим для прогнозування паводкових ситуацій і штормових явищ.

Таблиця 1 – Основні гідрометеорологічні чинники управління навігаційними водними ресурсами

№	Гідрометеорологічний чинник	Основні характеристики	Вплив на навігацію	Управлінські аспекти
1	Рівневий режим водотоків	Коливання рівнів води в часі та просторі; меженні, паводкові та повеневі рівні	Визначає навігаційні глибини та можливість безпечного проходження суден	Моніторинг рівнів води; прогнозування для планування навігаційних операцій
2	Витрати води та швидкості течії	Обсяг стоку, швидкість течії, гідродинамічні умови русла	Впливають на маневрування суден і витрати палива; підвищують ризики при паводках	Моніторинг витрат води; прогнозування паводкових ситуацій
3	Льодовий режим	Дати льодоставу та льодоходу, товщина льоду, інтенсивність льодових процесів	Обмежує або припиняє навігацію; визначає тривалість навігаційного сезону	Прогнозування льодових явищ; планування термінів навігації
4	Вітрові умови	Швидкість і напрям вітру, поривчастість, хвилювання	Ускладнюють керування суднами, особливо на відкритих ділянках	Оперативний моніторинг і короткострокове прогнозування вітру
5	Атмосферні опади та видимість	Інтенсивність опадів, тумани, дальність видимості	Знижують безпеку навігації та орієнтування	Урахування прогнозів; обмеження руху в несприятливих умовах

Джерело: систематизовано автором на основі [1-4, 6]

Вагоме значення в управлінні навігаційними водними ресурсами мають супутникові системи дистанційного зондування Землі, які дають змогу здійснювати моніторинг льодової обстановки, коливань рівнів води на великих водних об'єктах, змін берегової лінії та інших процесів, недоступних для суто наземних спостережень. Інтеграція даних, отриманих із різних систем спостереження, в єдині інформаційно-аналітичні платформи забезпечує комплексну оцінку гідрометеорологічної ситуації, підвищує точність і завчасність прогнозів навігаційних умов, а також створює підґрунтя для прийняття обґрунтованих управлінських рішень у сфері сталого використання та розвитку внутрішніх водних шляхів.

У табл. 2 наведено основні гідрометеорологічні параметри, що безпосередньо впливають на умови та безпеку навігації на внутрішніх водних шляхах. Кожен із представлених показників відображає певний аспект взаємодії природного середовища з процесом судноплавства та має критичні значення, перевищення або недотримання яких створює загрози для ефективної експлуатації навігаційних водних ресурсів.

Рівень води є базовим навігаційним параметром, оскільки саме він визначає наявні навігаційні глибини та можливість проходу суден з певною осадкою. Зниження рівня води нижче гарантованої глибини призводить до обмеження руху суден, зменшення вантажопідйомності або повного припинення навігації на окремих ділянках водних шляхів.

Швидкість течії істотно впливає на умови маневрування суден і рівень енерговитрат під час руху, особливо на річках зі складною конфігурацією русла. Перевищення швидкості течії понад 2,5

м/с ускладнює керування судном, підвищує ризик аварійних ситуацій та знижує ефективність навігаційних операцій.

Таблиця 2 - Основні гідрометеорологічні параметри та їх вплив на навігацію.

Параметр	Вплив на навігацію	Критичні значення
Рівень води	Визначає навігаційні глибини	Менше гарантованої глибини
Швидкість течії	Впливає на маневрування та енерговитрати	Більше 2,5 м/с
Вітер	Створює хвилювання, ускладнює управління	Більше 15 м/с
Товщина льоду	Обмежує або унеможлиблює навігацію	Більше 5 см
Видимість	Впливає на безпеку орієнтування	Менше 500 м

Джерело: систематизовано автором на основі [2, 3, 6-8]

Вітровий режим визначає інтенсивність хвилювання та стабільність руху суден, особливо на відкритих ділянках водних об'єктів і водосховищах. За швидкості вітру понад 15 м/с значно ускладнюється управління судном, погіршуються умови швартування та зростає ймовірність пошкодження суден і гідротехнічних споруд.

Товщина льоду є критичним чинником у холодний період року, оскільки формування льодового покриву безпосередньо обмежує або повністю унеможлиблює судноплавство. За товщини льоду понад 5 см навігація стає небезпечною або потребує застосування спеціальних заходів, зокрема льодокольного забезпечення.

Видимість належить до ключових метеорологічних параметрів, що впливають на безпеку орієнтування та навігаційного маневрування. Зменшення видимості до рівня менше 500 м, зокрема в умовах туману, опадів або димки, істотно підвищує ризик зіткнень і аварій, що вимагає введення обмежень або тимчасового припинення руху суден.

Таким чином, представлені основні гідрометеорологічні чинники мають визначальний вплив на навігаційні умови, та підкреслює необхідність їх постійного моніторингу, прогнозування і врахування в процесі управління навігаційними водними ресурсами.

Гідрометеорологічне прогнозування для потреб навігації базується на комплексному застосуванні різних методів, що дає змогу всебічно оцінювати розвиток навігаційних умов та підвищувати надійність прогнозів. Одним із традиційних напрямів є використання фізико-статистичних методів, які ґрунтуються на встановлених статистичних залежностях між гідрометеорологічними характеристиками та їх подальшим розвитком у часі. Аналіз багаторічних рядів спостережень дозволяє виявити типові режими коливань рівнів води, сезонні особливості течії, строки утворення та руйнування льодового покриву, а також закономірності формування сприятливих і несприятливих навігаційних умов. Фізико-статистичні моделі відзначаються відносною простотою реалізації та ефективністю при короткостроковому й середньостроковому прогнозуванні рівнів води, термінів настання льодових явищ і змін гідрологічного режиму.

Важливе місце в системі навігаційного прогнозування посідають гідродинамічні моделі, які ґрунтуються на математичному описі руху води в річкових і каналних системах на основі рівнянь гідродинаміки. Застосування таких моделей дає змогу з високою точністю відтворювати просторово-часовий розподіл рівнів води, швидкостей течії та інших параметрів, за умов наявності детальної інформації про морфометричні характеристики русла, шорсткість дна, гідротехнічні споруди та граничні умови. Гідродинамічні моделі є особливо ефективними для прогнозування

проходження паводкових хвиль, оцінювання впливу водосховищ і регулювання стоку, а також розрахунку навігаційних параметрів на складних і критичних ділянках внутрішніх водних шляхів.

Сучасні тенденції розвитку гідрометеорологічного прогнозування передбачають активне використання ансамблевих прогнозів, які базуються на поєднанні результатів кількох моделей або варіантів розрахунків із різними початковими та граничними умовами. Такий підхід дозволяє враховувати невизначеність прогнозних оцінок і визначати діапазон можливих сценаріїв розвитку гідрометеорологічної ситуації. Імовірнісні прогнози, отримані на основі ансамблевих методів, забезпечують більш повну інформаційну підтримку управління навігацією, оскільки дають змогу оцінювати ризики, пов'язані з екстремальними явищами, та приймати обґрунтовані управлінські рішення з урахуванням різних варіантів розвитку подій.

Ефективне використання гідрометеорологічної інформації в сучасних умовах можливе лише за умови її повноцінної інтеграції в комплексні системи управління навігацією, які забезпечують безперервний інформаційний супровід судноплавства на внутрішніх водних шляхах. Такі системи базуються на поєднанні інформаційно-аналітичних, прогнозних та управлінських компонентів і спрямовані на підвищення безпеки, ефективності та надійності навігаційних процесів.

Ключовим елементом комплексних систем управління є інформаційні системи збору, обробки та аналізу гідрометеорологічних даних, які акумулюють інформацію з гідрологічних постів, метеорологічних станцій, автоматизованих вимірювальних комплексів, радіолокаційних і супутникових систем. Використання сучасних технологій обробки даних, зокрема геоінформаційних систем та цифрових баз даних, дозволяє здійснювати оперативний аналіз поточної гідрометеорологічної обстановки, виявляти небезпечні тенденції та забезпечувати актуальність інформації для користувачів водних шляхів.

Важливу роль у таких системах відіграють системи прогнозування навігаційних умов різної завчасності, які охоплюють короткострокові, середньострокові та довгострокові прогнози. Вони дають змогу оцінювати ймовірні зміни рівнів води, течій, вітрового режиму, хвилювання, льодових явищ та інших факторів, що визначають умови судноплавства. Застосування прогнозних моделей сприяє завчасному плануванню руху суден, оптимізації графіків перевезень і зниженню ризиків, пов'язаних з екстремальними гідрометеорологічними явищами.

Невід'ємною складовою комплексних систем управління навігацією є платформи для розповсюдження гідрометеорологічної інформації серед користувачів водних шляхів, які забезпечують оперативний доступ до актуальних даних і прогнозів. Такі платформи можуть функціонувати у вигляді вебпорталів, мобільних застосунків або спеціалізованих навігаційних сервісів, що підвищує поінформованість судовласників, капітанів і диспетчерських служб та сприяє прийняттю обґрунтованих рішень у реальному часі.

Особливе значення мають системи підтримки прийняття рішень, призначені для диспетчерських служб і капітанів суден, які інтегрують гідрометеорологічну інформацію з навігаційними, технічними та експлуатаційними даними. Такі системи дозволяють моделювати різні сценарії розвитку ситуації, оцінювати потенційні ризики та обирати оптимальні маршрути і режими руху суден з урахуванням поточних і прогнозованих умов.

Важливим елементом комплексних систем управління є також автоматизовані системи попередження про небезпечні гідрометеорологічні явища, які забезпечують своєчасне інформування про загрози, зокрема паводки, штормові вітри, тумани, льодові затори чи різкі коливання рівнів води. Функціонування таких систем сприяє підвищенню рівня безпеки судноплавства, зменшенню ймовірності аварійних ситуацій та забезпеченню сталого використання навігаційних водних ресурсів.

Розвиток цифрових технологій, зокрема технологій Інтернету речей (IoT), великих даних (Big Data) та штучного інтелекту, відкриває нові можливості для підвищення ефективності управління навігаційними ресурсами на основі гідрометеорологічної інформації. Впровадження інтелектуальних

систем аналізу даних дозволяє виявляти складні нелінійні залежності, покращувати точність прогнозів та оптимізувати процеси прийняття рішень.

Управління навігаційними водними ресурсами в умовах змін клімату стикається з низкою взаємопов'язаних викликів, що суттєво ускладнюють процес прийняття управлінських рішень і забезпечення стабільних умов судноплавства. Передусім спостерігається зростання мінливості та екстремальності гідрометеорологічних явищ, що проявляється у частішому виникненні тривалих періодів маловоддя, інтенсивних паводків, штормових вітрів і різких погодних коливань, які безпосередньо впливають на безпеку та регулярність навігації.

Одночасно відбувається зміна типових режимів річкового стоку та льодового режиму, що призводить до порушення традиційних сезонних графіків відкриття й закриття навігації, скорочення тривалості льодоставу або, навпаки, ускладнення льодових процесів у перехідні періоди. За таких умов актуалізується необхідність адаптації методів гідрологічного та метеорологічного прогнозування до нових кліматичних реалій, зокрема шляхом урахування довгострокових тенденцій і сценаріїв кліматичних змін, а не лише історичних спостережень.

Водночас посилюється потреба в модернізації мереж гідрометеорологічних спостережень та систем моніторингу, що має забезпечити отримання більш детальної, оперативної та достовірної інформації для підтримки ефективного управління навігаційними водними ресурсами в умовах зростаючої кліматичної невизначеності.

Отже, перспективними напрямками розвитку управління навігаційними водними ресурсами у сфері гідрометеорології є розширення мережі автоматизованих гідрометеорологічних спостережень із передачею даних у режимі реального часу, впровадження високороздільних гідродинамічних моделей для локального та оперативного прогнозування навігаційних умов, активне використання даних дистанційного зондування Землі для комплексного моніторингу стану водних об'єктів, розробка інтегрованих систем управління навігаційними водними ресурсами з використанням елементів штучного інтелекту та аналітики великих даних, а також посилення міжнародної кооперації в обміні гідрометеорологічною інформацією з метою підвищення ефективності управління транскордонними водними шляхами.

Висновки. Гідрометеорологічні чинники відіграють визначальну роль в управлінні навігаційними водними ресурсами, безпосередньо впливаючи на безпеку та економічну ефективність судноплавства. Комплексний підхід до моніторингу та прогнозування гідрометеорологічних умов є необхідною умовою для оптимального використання внутрішніх водних шляхів.

Сучасні технології спостережень, моделювання та обробки інформації створюють передумови для суттєвого підвищення якості гідрометеорологічного забезпечення навігації. Інтеграція різних джерел даних, використання ансамблевих прогнозів та інтелектуальних систем аналізу дозволяють краще враховувати невизначеність та ризики при прийнятті управлінських рішень.

В умовах змін клімату особливої актуальності набуває розвиток адаптивних систем управління, здатних оперативно реагувати на зміни гідрометеорологічного режиму водних об'єктів. Ефективне управління навігаційними водними ресурсами потребує тісної взаємодії між гідрометеорологічними службами, організаціями водного транспорту та науковими установами. Інтеграція систем управління навігаційними водними ресурсами з використанням штучного інтелекту та аналітики великих даних дає можливість створення сучасних систем підтримки прийняття рішень, що забезпечують максимальну безпеку та ефективність використання водних шляхів.

Подальший розвиток досліджень у цьому напрямі має зосередитися на вдосконаленні методів прогнозування екстремальних явищ, оцінки їх впливу на навігаційні умови та розробці ефективних стратегій адаптації.

ЛІТЕРАТУРА

1. Christodoulou A., Christidis P., Bisselink B. Forecasting the impacts of climate change on inland waterways. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*. 2020. Vol. 82. Art. 102159. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.trd.2019.10.012>
2. Assessing the impact of climate change and weather conditions endangering inland waterway navigation / Liang Zhenzhen et al. *Transportation Research Procedia*. 2023. Vol. 72. P. 3516–3523. DOI: <https://ieeexplore.ieee.org/document/10146208>
3. PIANC. Waterborne Transport, Ports and Waterways: A 2023 Update of Climate Change Drivers and Impacts. Report of PIANC PTG Climate Change Task Group 3. Brussels: PIANC, 2023. 142 p. URL: <https://www.pianc.org/publications/climate-change>
4. Meier F., Schindler D., Wilhelm C. Implementing hydrological forecasting services supporting waterway management and transportation logistics relating to hydroclimatic impacts. *Atmosphere*. 2022. Vol. 13. Iss. 10. Art. 1606. DOI: <https://doi.org/10.3390/atmos13101606>
5. Li Y., Hu Y., Rigo P., Lefler F. E., Zhao G. (Eds.). *Proceedings of PIANC Smart Rivers 2022: Green Waterways and Sustainable Navigations*. Singapore: Springer Nature, 2023. 1296 p. (Lecture Notes in Civil Engineering, vol 264). DOI: <https://doi.org/10.1007/978-981-19-6138-0>
6. WMO. Guidelines on the Verification of Hydrological Forecasts. WMO-No. 1364. Geneva: World Meteorological Organization, 2025. 186 p. URL: <https://wmo.int/publications/guidelines-verification-of-hydrological-forecasts>
7. PIANC. Design of Navigation Locks. Report of InCom Working Group 206. Brussels: PIANC, 2025. 248 p. [InCom-WG-206-Press-Release.pdf](https://www.pianc.org/publications/incom-working-group-206-press-release)
8. Climate change adaptation strategies for inland waterway transport / European Commission PLATINA3. Brussels: EU, 2021. 98 p. URL: <https://platina3.eu/climate-change-adaptation-strategies>.
9. Loboda N.S., Otchenash N.D., Kozlov M.O. *Methodological approaches to assessing the risks of water resources depletion in the context of climate change (using plain territories of Ukraine as an example)*. *Ukrainian Hydrometeorological Journal*, 2024, No. 33, 5-17. DOI: <https://doi.org/10.31481/uhmj.33.2024.01>
10. Shakirzanova Z.R., Perevozchikov I.M., Shevchenko O.P. *Application of the method of territorial long-term forecasts to determine the maximum water discharge rates under the conditions of spring flood 2022-2023 formation across the Desna basin*. *Ukrainian Hydrometeorological Journal*, 2023, No. 31, 5-21. DOI: <https://doi.org/10.31481/uhmj.31.2023.01>
11. Ilyin Yu.P. *Average condition and seasonal variability of the structure and dynamics of transitional waters in the Dnieper-Bug estuary region*. *Ukrainian Hydrometeorological Journal*, 2023, No. 32, 63-79. DOI: <https://doi.org/10.31481/uhmj.32.2023.05>
12. Shcheglov O.A., Shpyh V.M., Fomichev N.R. Atmospheric rivers: potential impact on atmospheric processes and meteorological phenomena in Ukraine. *Meteorology. Hydrology. Environmental Monitoring*, 2022, 2(2), 4-10. DOI: <http://doi.org/10.15407/Meteorology2022.02.004>

Tymoshchuk O.M., Kolomoiec O.M., Levchenko O.V.

HYDROMETEOROLOGICAL FACTORS OF NAVIGATIONAL WATER RESOURCES MANAGEMENT

The article considers a complex of hydrometeorological factors that affect the efficiency of navigational resource management of waterways. The main hydrological and meteorological parameters that determine navigational conditions are analyzed, including the level regime of watercourses, water discharge, ice regime, wind conditions and precipitation. The need to integrate hydrometeorological data into navigational management systems is substantiated to ensure navigation safety and optimize the use of water resources

Стаття прийнята 15.01.2026